

Geração de colunas com o uso de retalhos no processo de corte de estoque unidimensional com sobras de material aproveitáveis

Adriana Cherri

Departamento de Matemática - FC - UNESP,
17033-360, Bauru, SP
E-mail: adriana@fc.unesp.br

Everton F. da Silva Andréa Vianna

Departamento de Computação - FC - UNESP,
17033-360, Bauru, SP
E-mail: evertaum@fc.unesp.br, vianna@fc.unesp.br

Palavras-chave: *Problema de corte de estoque, aproveitamento de sobras, geração de colunas*

Resumo: *Problemas de corte de estoque são problemas que possuem inúmeras aplicações industriais e são bastante estudados na literatura. A relevância para o estudo destes problemas advém do crescente estímulo que as indústrias, em geral, têm recebido para otimizar seus processos. Tipicamente, problemas de corte têm como principal objetivo a minimização das perdas. Entretanto, como a qualidade dos padrões de corte depende diretamente dos tamanhos e quantidades dos itens a serem produzidos, consideramos que se a demanda presente gerar sobras indesejáveis (nem tão grandes para serem aproveitáveis, nem tão pequenas para serem perdas aceitáveis), então convém gerar retalhos (não computáveis como perda) que serão utilizados para produzir itens de demandas futuras. O estudo que envolve o aproveitamento de sobras para os problemas de corte unidimensional é recente e, para resolver este problema, propomos alterações em uma estratégia da literatura que combina programação linear e procedimento heurístico. Para verificar o desempenho dos procedimentos desenvolvidos, testes computacionais serão realizados com exemplares da literatura e com problemas reais.*

1 Introdução

O problema de corte de estoque consiste em cortar um conjunto de peças disponíveis em estoque para a produção de peças menores, em quantidades especificadas, otimizando uma determinada função objetivo. Estes problemas aparecem em diversos processos industriais, em que os objetos correspondem a barras de aço, bobinas de papel e alumínio, placas de madeira, chapas de vidro e fibra de vidro, peças de couro etc. Nessas indústrias, a redução dos custos de produção e a melhoria da eficiência estão, frequentemente, associadas à utilização de estratégias adequadas de cortes.

São várias as situações em que surgem os problemas de corte de estoque, cada um deles com suas especificidades, restrições e objetivos definidos pelas exigências práticas impostas em cada ambiente em que estes problemas aparecem.

Um problema que vem sendo recentemente estudado consiste em aproveitar sobras de padrões de corte em períodos futuros desde que estas não sejam pequenas. O problema de aproveitamento de sobras foi citado por Brown (1971), entretanto, só mais tarde começaram a aparecer os primeiros trabalhos que abordam este tema.

Roodman (1986) com o objetivo de minimizar as perdas considerou um problema com vários tipos de objetos em estoque, sendo que, após o processo de corte, as sobras eram estocadas para serem utilizadas posteriormente. Para considerar o aproveitamento de sobras, Scheithauer (1991) modificou o problema proposto por Gilmore e Gomory (1963) incluindo itens extras aos demandados e sem haver demandas para serem atendidas. Gradisar *et al.* (1997), com o objetivo de criar um plano de corte unidimensional para diminuir a perda ou então concentrá-las em um único objeto, apresentaram um procedimento heurístico (denominado COLA) para otimizar o corte de rolos em uma indústria de tecidos.

Trkman e Gradisar (2007) destacaram a importância de adaptar adequadamente métodos que consideram o aproveitamento de sobras para que não haja acúmulo de retalhos no estoque e propuseram um método de solução que considera esta condição. Abuabara e Morabito (2009) escreveram modelos matemáticos para o problema proposto por Gradisar *et al.* (1997). O problema de corte de estoque com sobras aproveitáveis também foi estudado por Cherri *et al.* (2009) em que heurísticas bem conhecidas da literatura foram modificadas, de modo que as sobras geradas em cada padrão de corte deveriam ser pequenas para serem descartadas como perdas ou suficientemente grandes para serem estocadas como retalhos, os quais seriam utilizados no atendimento de futuras demandas.

Cui e Yang (2010) modificaram o problema proposto por Scheithauer (1991) incluindo limitações no estoque de objetos e na quantidade de retalhos que podem ser geradas em um padrão de corte. Além destes trabalhos, também apresentam estudos para o problema de corte de estoque unidimensional com sobras aproveitáveis: Sinuany-Stern e Weiner (1994), Gradisar *et al.* (1999a), Gradisar *et al.*, (1999b) Chu e Antonio (1999), Kos e Duhovnik (2002), Gradisar e Trkman (2005), Dimitriadis and Kehris (2009), Koch *et al.* (2010), Cherri *et al.* (2011), entre outros.

2 O Problema de corte de estoque com sobras aproveitáveis

Em várias empresas o processo de corte de peças pode gerar sobras que eventualmente são descartadas. Porém, algumas indústrias apresentam a possibilidade de utilizar estas sobras como matéria prima, desde que estas tenham tamanhos significativos. Embora os problemas de corte sejam bastante estudados na literatura, a maioria dos métodos de solução existentes para resolver estes problemas buscam minimizar sobras sendo que, nesses métodos, considera-se como sobra todo pedaço cortado que não seja um item demandado.

A possibilidade de aproveitar sobras para atender demandas futuras introduz uma mudança no critério de seleção de uma solução. Uma alternativa para resolver este problema, seria planejar padrões de corte que concentrassem as sobras em poucos padrões de modo que estas fossem grandes o suficiente para voltarem ao estoque e serem utilizadas novamente. Desta forma, definimos o problema de corte de estoque unidimensional com sobras de material aproveitáveis:

*“Um conjunto de itens deve ser produzido a partir do corte de objetos, os quais podem ser de tamanhos padronizados (objetos que são comprados pela empresa) ou não-padronizados (objetos que são retalhos de cortes anteriores). São dados os tamanhos e as quantidades dos itens e dos objetos disponíveis em estoque. As demandas devem ser atendida, cortando-se os objetos disponíveis, de modo que as sobras sejam ‘pequenas’ (chamadas de **perdas**) ou ‘suficientemente grandes’ (chamadas de **retalhos**) para retornar ao estoque, porém em número limitado”.*

Um comprimento ‘suficientemente grande’ é um parâmetro que pode ser definido por algum critério, como por exemplo: o comprimento do menor item demandado, a média dos comprimentos dos itens demandados, um comprimento qualquer definido pela empresa que considera o aproveitamento de sobras em seu processo produtivo, entre outros.

Pela definição do problema de corte com sobras aproveitáveis observa-se que as sobras dos padrões de corte devem ser ‘pequenas’ (perdas que serão descartadas) ou então ‘suficientemente

grandes' (retalhos). Uma alternativa para gerar sobras suficientemente grandes, é concentrar as sobras geradas durante o processo de corte em poucos padrões. Entretanto, a quantidade de retalhos gerada deve ser limitada, pois, os retalhos necessitam de espaço para armazenamento e, além disso, dependendo do material que está sendo cortado (por exemplo, bobinas de aço) retalhos estocados podem tornar-se sucatas caso não sejam utilizados após um determinado período de tempo.

3 Estratégia de resolução para o problema de corte de estoque com sobras de material aproveitáveis

Para resolver o problema de corte com sobras aproveitáveis, utilizamos o modelo matemático de Cui e Yang (2010) que é uma adaptação do modelo proposto por Scheithauer (1991).

O modelo matemático proposto pelos autores considera vários tipos de objetos em estoque com quantidades limitadas e custos diferenciados associados. Desta forma, os retalhos em estoque possuem custos associados que priorizam seu uso. A solução para o problema é obtida utilizando a técnica de geração de colunas proposta por Gilmore e Gomory (1963) sendo que os possíveis retalhos (definidos previamente) também são considerados durante este processo. O comprimento dos retalhos que podem ser gerados é discretizado, a partir de um determinado limitante, por 1 unidade de comprimento até o comprimento do maior objeto padronizado disponível em estoque. Para obter uma solução inteira para a solução contínua do problema, uma adaptação de um procedimento heurístico proposto pelos autores é utilizada.

Neste trabalho utilizamos o mesmo modelo matemático proposto por Cui e Yang (2010). Entretanto, o comprimento dos possíveis retalhos são discretizados, a partir de um determinado limitante, por 5 unidade de comprimento até o comprimento do maior objeto padronizado disponível em estoque. Estes retalhos podem ser utilizados durante o processo de geração de colunas, porém, os padrões com retalhos podem ser utilizados apenas uma vez durante o processo de corte. Caso algum retalho seja inserido em um padrão de corte e mesmo assim, alguma perda seja gerada, associamos essa perda ao retalho gerado, ou seja, o retalho passa a ter comprimento maior.

Para obter uma solução inteira para o problema, utilizamos a Heurística Residual de Arredondamento Guloso - versão 2 (Poldi e Arenales, 2009) com algumas alterações para priorizar o uso dos retalhos disponíveis em estoque.

Esta estratégia para resolver o problema de corte de estoque com sobras aproveitáveis está em fase final de implementação e, em breve, testes computacionais serão realizados. Estes testes deverão envolver problemas da literatura e problemas reais.

Referências

- [1] A. Abuabara, R. Morabito, Cutting optimization of structural tubes to build agricultural light aircrafts. *Annals of Operations Research*, 169 (2009) 149-165.
- [2] A. R. Brown, "Optimum packing and depletion: the computer in space and resource usage problem". New York: Macdonald - London and American Elsevier Inc, 1971.107p, (1971).
- [3] A. C. Cherri, M. N. Arenales, H. H. Yanasse, The one dimensional cutting stock problems with usable leftover: A heuristic approach. *European Journal of Operational Research*, 196 (2009) 897-908.
- [4] A. C. Cherri, D. J. Alem, I. N. Silva, Inferência Fuzzy para o problema de corte de estoque com sobras aproveitáveis de material. *Pesquisa Operacional*, 31 (2011) 1-22.
- [5] C. Chu, J. Antonio, Approximation algorithms to solve real-life multicriteria cutting stock problems. *Operations Research*, 47 (1999) 495-508.

- [6] Y. Cui, Y. Yang, A heuristic for the one-dimensional cutting stock problem with usable leftover. *European Journal of Operational Research*, 204 (2010) 245-250.
- [7] S. Dimitriadis, E. Kehris, Cutting stock optimization in custom door and window manufacturing industry. *International Journal of Decision Sciences, Risk and Management*, 1 (2009) 66-80.
- [8] P. C. Gilmore, R. E. Gomory, A linear programming approach to the cutting stock problem - Part II. *Operations Research*, 11 (1963) 863-888.
- [9] M. Gradisar, J. Jesenko, C. Resinovic, Optimization of roll cutting in clothing industry. *Computers & Operational Research*, 10 (1997) 945-953.
- [10] M. Gradisar, M. Kljajic, C. Resinovic, J. Jesenko, A sequential heuristic procedure for one-dimensional cutting. *European Journal of Operations Research*, 114 (1999a) 557-568.
- [11] M. Gradisar, C. Resinovic, M. Kljajic, A hybrid approach for optimization of one-dimensional cutting. *European Journal of Operational Research*, 119 (1999b) 719-728.
- [12] M. Gradisar, P. Trkman, A combined approach to the solution to the general one-dimensional cutting stock problem. *Computers & Operations Research*, 32 (2005) 1793-1807.
- [13] S. Koch, S. König, G. Wäscher, Linear programming for a cutting problem in the wood processing industry - a case study. *International Transactions in Operational Research*, 16 (2009) 715-726.
- [14] L. Kos, J. Duhovnik, Cutting optimization with variable-sized stock and inventory status data. *International Journal of Production Research*, 40 (2002) 2289-2301.
- [15] K. C. Poldi, M. N. Arenales, Heuristics for the one-dimensional cutting stock problem with limited multiple stock lengths. *Computers and Operations Research*, 36 (2009) 2074-2081.
- [16] G. M. Roodman, Near-optimal solutions to one-dimensional cutting stock problem. *Computers and Operations Research*, 13 (1986) 713-719.
- [17] G. Scheithauer, A note on handling residual length. *Optimization*, 22 (1991) 461-466.
- [18] Z. Sinuany-Stern, I. Weiner, The one dimensional cutting stock problem using two objectives. *Journal of Operations Research Society*, 45 (1994) 231-236.
- [19] P. Trkman, M. Gradisar, One-dimensional cutting stock optimization in consecutive time periods. *European journal of Operational Research*, 179 (2007) 291-301.